

## PATENTSCHRIFT

Veröffentlicht am 16. Januar 1922

**Nr. 92500**

(Gesuch eingereicht: 28. Oktober 1920, 20 Uhr.)

**Klasse 110e****HAUPTPATENT****AKTIENGESELLSCHAFT BROWN, BOVERI & CIE., Baden (Schweiz).****Einschichtwicklung für Wechselstrom-Generatoren.**

Um Oberwellen der Spannung bei Wechselstrom-Generatoren zu vermeiden, ist bereits vorgeschlagen worden, die induzierte Wicklung mit einem derart verkürzten Schritt auszuführen, daß eine wirksame Kraftlinienverkettung jeder Windung mit einem bestimmten Oberfeld nicht besteht. In einer solchen Wicklung kann somit das betreffende Oberfeld keine elektromotorische Kraft induzieren. Diese Wicklungsausführung hat jedoch erhebliche Nachteile bei Mehrphasenwicklungen, bei denen jede Phase den gleichen Teil der Polteilung einnehmen soll. Macht man die Wicklung nämlich einschichtig, dann befinden sich bei beliebiger Stellung des Ankers die beiden zugehörigen Seiten jeder Wicklungsphase in unsymmetrischer Lage zum induzierenden Feld. Um eine, wenn auch nur teilweise Verlegung der Spulen verschiedener Phasen in die gleichen Nuten zu vermeiden, was bei Maschinen mit hohen Spannungen unumgänglich ist, müßten hiernach jeweils pro Pol und Phase einige Nuten unbewickelt bleiben. Dieses bedeutet aber eine schlechte Ausnutzung der Maschine. Das gleiche ergibt sich jedoch auch bei Verwendung der Zwei-

schichtwicklung. Sind bei dieser alle Nuten vollbewickelt, dann gibt es bei Schrittverkürzung Nuten, in denen sich Leiter der beiden Schichten der gleichen Phase und Nuten, in denen sich Leiter von Schichten verschiedener Phase befinden. Dies ist aber bei Wicklungen für hohe Spannungen nicht mehr gut ausführbar. Anderseits würde die Vermeidung des Übergreifens der Phasenwicklungen in diesem Falle nur eine teilweise Bewicklung gewisser Nuten bedingen, wodurch ebenfalls die Ausnutzung der Maschinen wesentlich verringert wird.

Es ist nun Gegenstand der Erfindung eine Einschichtwicklung für Wechselstrom-Generatoren mit auf dem Ankerumfang gleichmäßig verteilter Nuten zur Vermeidung bestimmter Oberfelder in der Feldkurve der Wicklung, bei welcher der gegenseitige Abstand der zu einer Wicklungsphase eines Pols gehörigen Nuten unter Aufrechterhaltung der Symmetrie für die beiden Seiten jeder Phasenspule in bezug auf das induzierte Feld derart gewählt ist, daß die Summe der Kraftlinienverkettungen mit dem betreffenden Oberfeld für die ganze Wicklung gleich Null ist, wo-

BR

bei sich in den Nuten jeweils nur Leiter gleicher Phase befinden. Hierbei ergibt sich eine Untermischung von verschiedenen Phasen angehörigen Nuten, aber ein Übergreifen der verschiedenen Phasenwicklungen in den Nuten selbst wird vermieden. Bei der Wahl der Nutenabstände ist natürlich Rücksicht darauf zu nehmen, ob die Nuten pro Pol und Phase alle die gleiche Leiterzahl enthalten oder nicht. Der Fall gleicher Leiterzahl pro Nut sei anhand der Fig. 1 und 2 für Unterdrückung des fünften Oberfeldes näher erläutert.

In Fig. 1 ist eine normale Fünflochwicklung eines Dreiphasenankers dargestellt, welcher demnach 15 Nuten pro Pol besitzt.  $P$  bedeutet die Polteilung. Zeichnet man das fünfte Oberfeld  $F_5$  in symmetrischer Lage zur Achse der durch die Nutenlage 1, 2, 3, 4, 5 und 1', 2', 3', 4', 5' gegebenen Phasenspule, so kann man sehr leicht die Flussverkettungen der Teilspulen 1, 1'; 2, 2' usw. mit dem Oberfeld bestimmen, wenn man die von jeder Teilspule umschlungenen positiven und negativen Polflächen addiert. Bezeichnet man den Fluss des fünften Oberfeldes mit  $\phi$ , dann umschlingt Teilspule

$$(1, 1') \text{ resultierend den Flussteil } a b c d = -\frac{\phi}{2}$$

$$(2, 2') \text{ " " " } e f g h = +\frac{\phi}{2}$$

$$(3, 3') \text{ " " " } i k l m = +\frac{\phi}{2}$$

$$(4, 4') \text{ " " " } o f g h = +\frac{\phi}{2}$$

$$(5, 5') \text{ " " " } a b c d = -\frac{\phi}{2}$$

Die ganze Phasenspule umschlingt dann die Summe dieser Flüsse, welche gleich  $\phi$  ist. Die Summe der Flussverkettungen ist, wenn mit  $z$  die Leiterzahl pro Nut bezeichnet wird  $= 1 z \phi$ , so daß sich ein Wicklungsfaktor von 0.2 ergibt. Diese Betrachtung ist die gleiche für alle drei Phasenwicklungen.

Eine Nutenverteilung gemäß der Erfahrung ist durch Fig. 2 dargestellt. Die Phasenspule ist auch hier durch die Leiter der Nuten 1, 2, 3, 4, 5 und 1', 2', 3', 4', 5' gebildet, und beide Seiten dieser Spule be-

finden sich zum induzierenden Feld in symmetrischer Lage. Die zugehörigen Nuten haben unter sich ungleiche Abstände, und zwar entspricht der Abstand der Nuten 1 von Nute 2 zwei Nutenteilungen, desgleichen der Abstand der Nute 4 von Nute 5, der Nute 1' von Nute 2', der Nute 4' von Nute 5'. Dagegen folgen sich die Nuten 2, 3, 4, wie auch die Nuten 2', 3', 4' im Abstand von nur einer Nutenteilung. Zwischen den Nuten 1 und 2, 4 und 5, 1' und 2', 4' und 5' befindet sich jeweils eine einer andern Phase angehörige Nut. Die Flussverkettungen sind nun folgende: Es umschlingt die Teilspule (1, 1') resultierend den Flussteil  $k g h i = -\phi$

$$(2, 2') \text{ " " " } a b c d = +\frac{\phi}{2}$$

$$(3, 3') \text{ " " " } l b e k = +\phi$$

$$(4, 4') \text{ " " " } a b c d = +\frac{\phi}{2}$$

$$(5, 5') \text{ " " " } k g h i = -\phi$$

Die ganze Phasenspule umschlingt die Summe dieser Flüsse, welche in diesem Falle gleich Null ist. Bei dieser Einschichtwicklung wird also der angestrebte Zweck, die völlige Unterdrückung des fünften Oberfeldes der Wicklung, vollkommen erreicht, nebenbei aber zeigt sich auch eine bedeutende Verkleinerung des dritten und siebenten Oberfeldes, wie sich in ähnlicher Weise leicht nachweisen läßt.

Im Falle ungleicher Leiterzahl pro Nut sind die Nutenabstände so zu wählen, daß für jede Phasenspule  $\sum z_x \phi_x = 0$  ist, wobei  $z_x$  jeweils die Leiterzahl eines die Leiter einer Nut umfassenden Spulenteils der Phasenspule,  $\phi_x$  der von diesem Spulenteil resultierend unschlossenen Kraftfluß des Oberfeldes bedeutet. Hiernach würde sich die Unterdrückung des fünften Oberfeldes bei einer Vierlochwicklung ergeben, wenn die Nuten 1, 2, 3, 4, bzw. 1', 2', 3', 4' gemäß Fig. 3 angeordnet sind, wobei die Nuten 1, 4, 1' und 4' die 0,8-fache Leiterzahl der Nuten 2, 3, 2' und 3' erhalten.

Einer andern Leiterverteilung würden naturgemäß auch andere Nutenabstände entsprechen.

Die Richtigkeit dieser Wicklungsverteilung erkennt man, wenn man die in den symmetrisch zur Polmitte liegenden Nutenpaaren 3 und 2' und 4 und 1' induzierten EMKs miteinander vergleicht. Da ihre Summe gleich Null sein soll, müssen die Windungszahlen der Nutenpaare in umgekehrtem Verhältnis, wie die auf sie wirkenden fünften harmonischen Felder stehen, wobei das resultierende Feld für die Wicklung in den Nuten 3 und 2' das umgekehrte Vorzeichen haben muß, als das für die Wicklung in den Nuten 4 und 1'. In Fig. 3 ist der räumliche Verlauf des fünften harmonischen Oberfeldes durch die Wellenlinie  $E_5$  dargestellt. Das resultierende Feld für die Wicklung der Nuten 3 und 2' ist das in der Fig. 3 dargestellte Restfeld  $\phi_{3,2'}$ , dessen Größe sich berechnet aus:

$$\phi_{3,2'} = C \int_{\alpha=37,5^\circ}^{\alpha=142,5^\circ} \sin \alpha d\alpha = 1,56 \text{ C}$$

Das resultierende Feld für die Wicklung der Nuten 4 und 1', das Restfeld  $\phi_{4,1'}$ , berechnet sich aus:

$$\phi_{4,1'} = -C \int_{\alpha=7,5^\circ}^{\alpha=172,5^\circ} \sin \alpha d\alpha = -1,96 \text{ C}$$

Das Verhältnis der Windungszahlen ist somit

$$\frac{Z_{4,1'}}{Z_{3,2'}} = \frac{\phi_{3,2'}}{\phi_{4,1'}} = \frac{1,56}{1,96} = 0,8$$

Aus diesen Beziehungen folgt ohne weiteres, daß die Summe der Kraftlinienschnitte  $\phi \cdot Z$  gleich Null ist, daß also

$$\phi_{3,2'} \cdot Z_{3,2'} + \phi_{4,1'} \cdot Z_{4,1'} = 0$$

Diese Betrachtungsweise zeigt aber auch den Weg, wie man aus der Nutenlage die zugehörige Windungszahl bestimmen kann, um den Erfindungszweck zu erreichen.

Ist umgekehrt die Windungszahl gegeben, dann läßt sich die zugehörige Nutenverteilung sehr leicht aus den gleichen Beziehungen

finden. Man könnte das Restfeld als Funktion des Nutenabstandes auftragen und für ein angenommenes Windungsverhältnis der Nutenpaare das entsprechende Restfeldverhältnis ermitteln. Ist so das Verhältnis  $\frac{\phi_{3,2'}}{\phi_{4,1'}}$  bekannt, dann entspricht jedem angenommenen  $\phi_{3,2'}$  ein ganz bestimmtes  $\phi_{4,1'}$ , für welches man aus der oben genannten Feldkurve den zugehörigen Nutenabstand entnehmen kann.

#### PATENTANSPRUCH:

Einschichtwicklung für Wechselstrom-Generatoren mit auf dem Ankerumfang gleichmäßig verteilten Nuten zur Vermeidung bestimmter Oberfelder in der Feldkurve der Wicklung, dadurch gekennzeichnet, daß der gegenseitige Abstand der zu einer Wicklungsphase eines Pols gehörigen Nuten unter Aufrechterhaltung der Symmetrie für die beiden Seiten jeder Phasenspule im bezug auf das induzierende Feld derart gewählt ist, daß die Summe der Kraftlinienverkettungen mit dem betreffenden Oberfeld des induzierenden Systems für die ganze Wicklung gleich Null ist, wobei sich in den Nuten jeweils nur Leiter gleicher Phase befinden.

#### UNTERANSPRUCH:

Einschichtwicklung nach Patentanspruch, dadurch gekennzeichnet, daß bei ungleicher Leiterzahl pro Nut die Nutenabstände derart gewählt sind, daß für jede Phasenspule  $\sum z_x \phi_x = 0$  ist, wobei  $z_x$  jeweils die Leiterzahl eines die Leiter einer Nut umfassenden Spulenteils der Phasenspule,  $\phi_x$  der vor diesem Spulenteil resultierend umschlossene Kraftfluß des Oberfeldes bedeutet.

AKTIENGESELLSCHAFT  
BROWN, BOVERI & CIE.

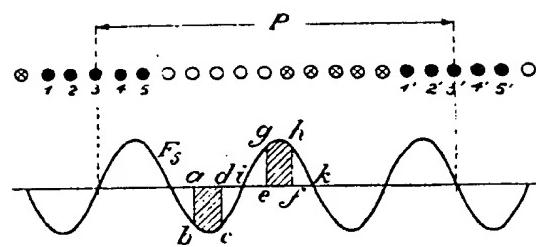


Fig. 1.

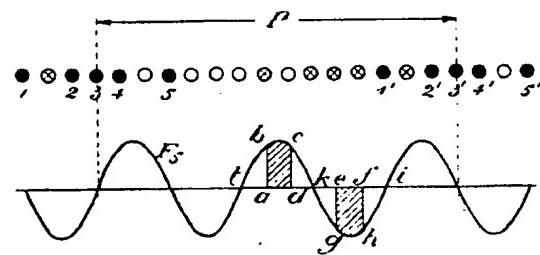


Fig. 2.

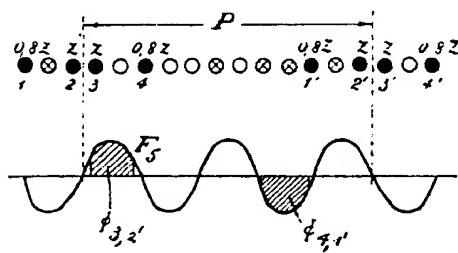


Fig. 3.